(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2002－361002
（P2002－361002A）
(43)公開日　平成14年12月17日(2002.12.17)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	FI		テーマコード（参考）
B01D 11/04		B01D 11/04	C	2G042
			D	2G052
G01N 1/10		G01N 1/10	F	4D056
27/62		27/62	C	
31/20		31/20		

審査請求　未請求　請求項の数23　ＯＬ　（全 13 頁）

(21)出願番号　特願2001－168047(P2001－168047)

(22)出願日　平成13年６月４日(2001.6.4)

(71)出願人　000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル

(72)発明者　山東　康博
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内

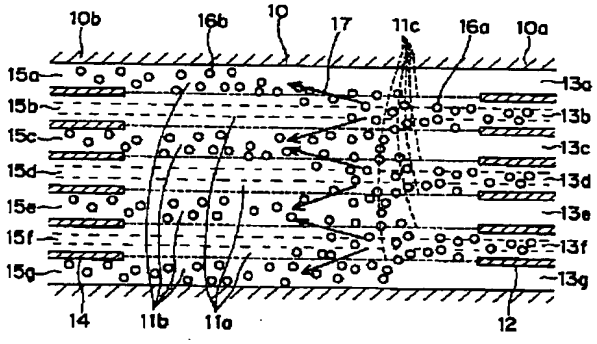
(72)発明者　藤井　泰久
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内

(74)代理人　100062144
弁理士　青山　葆　（外２名）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　抽出方法および装置、分離方法および装置

(57)【要約】
【課題】　微小領域内において、第１の液体中に含まれる物質を、効率良く第２の液体中に取り込む、抽出方法、抽出装置および抽出装置用チップを提供する。
【解決手段】　流路１０内に、第１の液体と第２の液体とを、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接するように送液して、第１の液体の第１の層流１１ａ中の物質１６ａを、第２の液体の第２の層流１１ｂ中に移動させる第１ステップと、流路の下流側において、第２の液体を第１の液体から分離する第２ステップと、を備える。



【特許請求の範囲】
【請求項１】　第１の液体中に含まれる物質を、第２の液体に溶かして抽出する抽出方法において、
流路内に、上記第１の液体と上記第２の液体とを、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質を、上記第２の液体の第２の層流中に移動させる第１ステップと、
上記流路の下流側において、上記第２の液体を上記第１の液体から分離する第２ステップと、を備えたことを特徴とする、抽出方法。
【請求項２】　上記第１ステップにおいて、上記層流の一つの幅が５０μｍ以下であることを特徴とする、請求項１記載の抽出方法。
【請求項３】　上記第２ステップは、
上記流路の下流側において、上記第１の層流を第１分岐流路に流し、上記２の層流を第２分岐流路に流す、流路分岐ステップを含むことを特徴とする、請求項１記載の抽出方法。
【請求項４】　上記第２ステップは、
上記第１分岐流路又は上記２分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる、帯電ステップを含むことを特徴とする、請求項３記載の抽出方法。
【請求項５】　混合された第１の液体と第２の液体とから、第２の液体を分離する分離方法において、
微小な構造物が配置されいずれか一方の上記第１の液体又は上記第２の液体が相対的に流れやすい第１空間と該第１空間に沿って延在しかつ該第１空間に連通する第２空間とを有する流路に、混合された上記第１の液体と上記第２の液体を流す第１ステップと、
上記第２の液体が流れるいずれか一方の上記第１空間又は上記第２空間の下流側において、上記第２の液体を回収する第２ステップと、を備えたことを特徴とする、分離方法。
【請求項６】　上記構造物は、上記第１空間側から上記第２空間側に向けて延在する柱状構造物であることを特徴とする、請求項５記載の分離方法。
【請求項７】　上記第１の液体と上記第２の液体のいずれか一方は水を含み、上記構造物は撥水処理されたことを特徴とする、請求項５又は６記載の分離方法。
【請求項８】　第１の液体中に含まれる物質を、第２の液体に溶かして抽出する抽出装置であって、
上記第１の液体と上記第２の液体とが、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接しながら流れ、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質が上記第２の液体の第２の層流中に移動する、流路と、
該流路の下流側に接続され、上記第２の液体を上記第１の液体から分離する分離部とを備えたことを特徴とする、抽出装置。
【請求項９】　上記流路において、上記層流の一つの幅が５０μｍ以下であることを特徴とする、請求項８記載の抽出装置。
【請求項１０】　上記分離部は、
上記第１の層流が流れる第１分岐流路と、上記２の層流が流れる第２分岐流路を含むことを特徴とする、請求項８記載の抽出装置。
【請求項１１】　上記第１分岐流路又は上記２分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる帯電部を備えたことを特徴とする、請求項１０記載の抽出装置。
【請求項１２】　混合された第１の液体と第２の液体とから、第２の液体を分離する分離装置において、
微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第１の液体又は上記第２の液体が相対的に流れやすい第１空間と、該第１空間に沿って延在しかつ該第１空間に連通する第２空間とを有する流路と、
上記第２の液体が流れるいずれか一方の上記第１空間又は上記第２空間の下流側に接続され、上記第２の液体が流れる排出口とを備えたことを特徴とする、分離装置。
【請求項１３】　上記構造物は、上記第１空間側から上記第２空間側に向けて延在する柱状構造物であることを特徴とする、請求項１２記載の分離装置。
【請求項１４】　上記第１の液体と上記第２の液体のいずれか一方は水を含み、上記構造物は撥水処理されたことを特徴とする、請求項１２又は１３記載の分離装置。
【請求項１５】　第１の液体中に含まれる物質を第２の液体に溶かして抽出する抽出装置に用いるチップであって、
上記第１の液体と上記第２の液体とを、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質を、上記第２の液体の第２の層流中に移動させることができる、流路を備えたことを特徴とする、抽出装置用チップ。
【請求項１６】　上記流路において、上記層流の一つの幅が５０μｍ以下であることを特徴とする、請求項１５記載の抽出装置用チップ。
【請求項１７】　上記流路の下流側に接続され、上記第１の層流が流れる第１分岐流路と、
上記流路の下流側に接続され、上記２の層流が流れる第２分岐流路と、を備えたことを特徴とする、請求項１６記載の抽出装置用チップ。
【請求項１８】　上記第１分岐流路又は上記２分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる帯電部を備えたことを特徴とする、請求項１７記載の抽出装置用チップ。
【請求項１９】　混合された第１の液体と第２の液体とから、第２の液体を分離する分離装置に用いるチップであって、
微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第１の液体又は上記第２の液体が相対的に流れやすい第１空間と、該第１空間に沿って延在しかつ該第１空間に連通す

る第２空間とを有する流路と、
上記第２の液体が流れるいずれか一方の上記第１空間又は上記第２空間の下流側に接続され、上記第２の液体が流れる排出口とを備えたことを特徴とする、分離装置用チップ。
【請求項２０】　上記構造物は、上記第１空間側から上記第２空間側に向けて延在する柱状構造物であることを特徴とする、請求項１９記載の分離装置用チップ。
【請求項２１】　上記第１の液体と上記第２の液体のいずれか一方は水を含み、上記構造物は撥水処理されたことを特徴とする、請求項１９又は２０記載の分離装置用チップ。
【請求項２２】　第１の液体中に含まれる物質を、第２の液体に溶かして抽出する抽出方法において、
層状の上記第１の液体と層状の上記第２の液体とが互いに接するようにして、、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質を、上記第２の液体の第２の層流中に移動させることを特徴とする抽出方法。
【請求項２３】　第１の液体中に含まれる物質を、第２の液体に溶かして抽出する抽出装置において、
上記第１の液体が層状に配置される第１液体空間と、上記第２の液体が層状に配置される第２液体空間とが、層方向に互いに接するように配置されたことを特徴とする抽出装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、抽出方法および装置、分離方法および装置に関し、液体中に溶けている対象物を選択的に抽出する技術に関する。
【０００２】
【従来の技術】ゴミの焼却炉等により発生するダイオキシン類は、大きな環境問題と認識されており、その排出濃度の測定・管理は重要な課題である。現在、排ガス中のダイオキシン類の濃度を測定する方法として、日本工業規格に規定されている。
【０００３】ダイオキシン類の測定を行う場合、水中に含まれるダイオキシンを抽出するには、従来の溶媒抽出法と同様に、水と有機溶媒を分液漏斗などに入れ激しく振り混ぜ、水中のダイオキシンを有機溶媒中に取り込み、有機溶媒だけを取り出すことで水と分離するという方法がとられていた。
【０００４】しかし、この方法では、溶媒が多量に必要となり、時間がかかり、コストが多大なものになる。
【０００５】最近、マイクロマシン技術を応用して、化学分析や合成などの機器・手法を微細化して行うμ-ＴＡＳ(μ-Ｔｏｔａｌ　Ａｎａｌｙｓｉｓ　Ｓｙｓｔｅｍ)が注目されている。従来の装置に比べ微細化されたμ－ＴＡＳでは、試料の量が少ない、反応時間が短い、廃棄物が少ないなどのメリットがある。これを環境測定分野などに適応した場合、試薬・有機溶媒の使用量が少ない、反応時間(測定時間)が短いといった利点の他に、装置が小型であるため現場で測定ができ、検査の即時性が向上することが期待できる。
【０００６】しかし、従来、マイクロマシン技術を応用したマイクロ流体システムを用いて溶媒抽出を行う技術は、見当たらない。
【０００７】
【発明が解決しようとする課題】例えば幅が数十～数百μｍの微小な流路内では、液体の粘性が支配的となり、液体を撹拌混合するのが困難になる。そのため、水中に含まれるダイオキシンを有機溶媒中に取り込むために、流路内で水と有機溶媒を撹拌したのでは、効率が悪い。
【０００８】また、微小領域内にある微量の混合状態の水と有機溶媒とから有機溶媒だけを取り出し、水と分離することが望まれる。
【０００９】したがって、本発明が解決しようとする第１の技術的課題は、微小領域内において、第１の液体中に含まれる物質を、効率良く第２の液体中に取り込む、抽出方法、抽出装置および抽出装置用チップを提供することである。
【００１０】また、本発明が解決しようとする第２の技術的課題は、微小領域内にある混合状態の第１の液体と第２の液体とから第２の液体を分離する、分離方法、分離装置および分離装置用チップを提案する。
【００１１】
【課題を解決するための手段および作用・効果】本発明は、上記第１の技術的課題を解決するために、層状の第１の液体と層状の第２の液体とが互いに接するようにして、第１の液体の第１の層流中の物質を、第２の液体の第２の層流中に移動させることを基本的な特徴とする抽出方法を提供する。具体的には、以下の抽出方法を提供する。
【００１２】抽出方法は、第１の液体中に含まれる物質を、第２の液体に溶かして抽出するタイプのものである。抽出方法は、第１ステップと第２ステップを備える。上記第１ステップでは、流路内に、上記第１の液体と上記第２の液体とを、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質を、上記第２の液体の第２の層流中に移動させる。上記第２ステップでは、上記流路の下流側において、上記第２の液体を上記第１の液体から分離する。
【００１３】第１ステップにおいて、第１の流体と第２の流体は、流路内に微小な幅で流すことにより、層流状態とすることができる。第１の層流や第２の層流が２以上の場合には、第１の層流と第２の層流とが交互に配置し、互いに接するようにすることができる。
【００１４】一般に、液体中の物質は、自発的に拡散する。すなわち、媒質（液体）の分子は、媒質中の小物体（物質の粒子）に頻繁に衝突し、小物体は媒質中を不規

則に運動する。このブラウン運動により、小物体は媒質中で拡散する。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり（すなわち、体積に比べて表面積が広くなり）、拡散速度が急激に大きくなる。そのため、第１の層流中の物質の粒子は、短時間で第２の層流に移動する。つまり、第２の液体に溶ける。この場合、物質の粒子が第２の層流から再び第１の層流に戻りにくいことが好ましく、例えば、物質は、第１の液体よりも第２の液体に溶けやすいことが好ましい。物質がダイオキシン類であるとき、第１の流体は水、第２の流体は有機溶媒とすることができる。また、効率よく拡散するためには、第１の層流と第２の層流との流速とが等しく、相対的な速度差が生じないようにすることが好ましい。

【００１５】上記方法によれば、流路における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微小領域内において、第１の液体中に含まれる物質を、効率良く第２の液体中に取り込むことができる。

【００１６】第１ステップにおいて、連続的に送液しても、途中で停止するようにしてもよい。

【００１７】第２ステップにおいて、第２の液体だけを集めれば、第１の液体中に含まれていた物質を抽出することができる。

【００１８】好ましくは、上記第１ステップにおいて、上記層流の一つの幅が５０μｍ以下である。

【００１９】幅が５０μｍ以下であれば、レイノルズ数が小さくなり、流路内を層流状態で送液することが容易である。

【００２０】第２ステップは、以下のように種々の態様で、第２の液体だけを集めることができる。

【００２１】好ましくは、上記第２ステップは、流路分岐ステップを含む。該流路分岐ステップでは、上記流路の下流側において、上記第１の層流を第１分岐流路に流し、上記２の層流を第２分岐流路に流す。

【００２２】この場合、層流状態のまま、液体ごとに流路を分岐することにより、容易に、第２の液体を第１の液体から分離することができる。

【００２３】好ましくは、上記第２ステップは、帯電ステップを含む。該帯電ステップでは、上記第１分岐流路又は上記２分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる。

【００２４】帯電ステップにより、第１の液体又は第２の液体の一方が極性を有し、他方が無極性である場合には、極性を有する一方の液体が、帯電した第１分岐流路又は第２分岐流路に入るように促進し、より効率良く、液体を分離することができる。例えば、石油エーテル、四塩化炭素、ベンゼン、キシレン、ニトロベンゼン、ヨウ素などの無極性分子と、極性を有する水とを分離できる。なお、３液以上の混合液であっても、１液のみが極性を有する場合、又は１液のみが無極性である場合には、その１液を他の液から分離することができる。

【００２５】また、本発明は、上記第２の技術的課題を解決するために、以下の分離方法を提供する。

【００２６】分離方法は、混合された第１の液体と第２の液体とから、第２の液体を分離するタイプのものである。分離方法は、第１ステップと第２ステップとを備える。上記第１ステップにおいて、流路に、混合された上記第１の液体と上記第２の液体を流す。上記流路は、第１空間と第２空間とからなる。上記第１空間は、微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第１の液体又は上記第２の液体が相対的に流れやすい。上記第２空間は、上記第１空間に沿って延在しかつ上記第１空間に連通する。上記第２ステップでは、上記第２の液体が流れるいずれか一方の上記第１空間又は上記第２空間の下流側において、上記第２の液体を回収する。

【００２７】上記方法によれば、混合された第１および第２の液体を流路に流すと、第１の液体と第２の液体とのうち、第１空間を相対的に流れやすい一方が第１空間を流れ、他方は第２空間を流れるようになる。例えば、構造物に親水処理を施したり、適宜な官能基を配置することにより、第１の液体又は第２の液体のいずれか一方が第１空間を相対的に流れやすいようにすることができる。第１の液体と第２の液体とは互いに分離し、第２の液体は第１空間又は第２空間のいずれか一方を流れるので、下流において、第２の液体を回収することができる。

【００２８】したがって、微小領域内にある混合状態の第１の液体と第２の液体とから第２の液体を分離することができる。

【００２９】上記方法において、微小な構造物は適宜に構成することにより、第１の液体と第２の液体のいずれか一方が、分離流路の第１空間を相対的に流れやすくすることができる。例えば、微小な構造物は、多数の要素を含み、隣接する要素間の距離（隙間）が１０μｍ以下のものである。微小な構造物は、例えば、四方八方に微小孔が開いた多孔質物質であっても、繊維塊のようなものであってもよい。

【００３０】好ましくは、上記構造物は、上記第１空間側から上記第２空間側に向けて延在する柱状構造物である。

【００３１】第１の液体と第２の液体のうち、第１空間を相対的に流れにくい流体は、微小な構造物の延在方向に沿って、第２空間に向けて容易に移動することができる。したがって、液体の分離効率を高めることができる。

【００３２】より好ましくは、上記第１の液体と上記第２の液体のいずれか一方は水を含む。上記構造物は、撥水処理される。

【００３３】この場合、水を含む第１又は第２の液体は、撥水処理された微小な構造物にはじかれて、第２空間側に移動するので、液体の分離効率を高めることがで

きる。なお、３液以上の混合液であっても、１液のみが水と親和性を有する場合、その１液を他の液から分離することができる。

【００３４】また、本発明は、上記第１の技術的課題を解決するために、第１の液体が層状に配置される第１液体空間と、第２の液体が層状に配置される第２液体空間とが、層方向に互いに接するように配置されたことを基本的特徴とする抽出装置を提供する。具体的には、以下のように構成する。

【００３５】抽出装置は、第１の液体中に含まれる物質を、第２の液体に溶かして抽出するタイプのものである。抽出装置は、流路と分離部とを備える。上記流路は、上記第１の液体と上記第２の液体とが、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接しながら流れ、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質が上記第２の液体の第２の層流中に移動する。上記分離部は、上記流路の下流側に接続され、上記第２の液体を上記第１の液体から分離する。

【００３６】上記構成によれば、流路内において、第１の流体と第２の流体を微小な幅で流すことにより、層流状態とすることができる。第１の層流や第２の層流が２以上の場合には、第１の層流と第２の層流とが交互に配置され互いに接するようにすることができる。

【００３７】一般に、液体中の物質は、自発的に拡散する。すなわち、媒質（液体）の分子は、媒質中の小物体（物質の粒子）に頻繁に衝突し、小物体は媒質中を不規則に運動する。このブラウン運動により、小物体は媒質中で拡散する。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり（すなわち、体積に比べて表面積が広くなり）、拡散速度が急激に大きくなる。そのため、第１の層流中の物質の粒子は、短時間で第２の層流に移動する。つまり、第２の液体に溶ける。この場合、物質の粒子が第２の層流から再び第１の層流に戻りにくいことが好ましく、例えば、物質は、第１の液体よりも第２の液体に溶けやすいことが好ましい。物質がダイオキシン類であるとき、第１の流体は水、第２の流体は有機溶媒とすることができる。また、効率よく拡散するためには、第１の層流と第２の層流との流速とが等しく、相対的な速度差が生じないようにすることが好ましい。

【００３８】上記構成によれば、流路における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微小領域内において、第１の液体中に含まれる物質を、効率良く第２の液体中に取り込むことができる。

【００３９】分離部において、第２の液体だけを集めれば、第１の液体中に含まれていた物質を抽出することができる。

【００４０】好ましくは、上記流路において、上記層流の一つの幅が５０μｍ以下である。

【００４１】幅が５０μｍ以下であれば、レイノルズ数が小さくなり、流路内を層流状態で送液することが容易である。

【００４２】分離部は、以下のように種々の態様で、第２の液体だけを集めることができる。

【００４３】好ましくは、上記分離部は、上記第１の層流が流れる第１分岐流路と、上記２の層流が流れる第２分岐流路を含む。

【００４４】この場合、層流状態のまま、液体ごとに流路を分岐することにより、容易に、第２の液体を第１の液体から分離することができる。

【００４５】好ましくは、上記第１分岐流路又は上記２分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる帯電部を備える。

【００４６】上記構成によれば、第１の液体又は第２の液体の一方が極性を有し、他方が無極性である場合には、極性を有する一方の液体が、帯電した第１分岐流路又は第２分岐流路に入るように促進し、より効率良く、液体を分離することができる。例えば、石油エーテル、四塩化炭素、ベンゼン、キシレン、ニトロベンゼン、ヨウ素などの無極性分子と、極性を有する水とを分離できる。なお、３液以上の混合液であっても、１液のみが極性を有する場合、又は１液のみが無極性である場合には、その１液を他の液から分離することができる。

【００４７】また、本発明は、上記第２の技術的課題を解決するために、以下の構成の分離装置を提供する。

【００４８】分離装置は、混合された第１の液体と第２の液体とから、第２の液体を分離するタイプのものである。分離装置は、第１空間と、第２空間と、排出口とを備える。上記第１空間は、微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第１の液体又は上記第２の液体が相対的に流れやすい。上記第２空間は、上記第１空間に沿って延在し、かつ上記第１空間に連通する。上記排出口は、上記第２の液体が流れるいずれか一方の上記第１空間又は上記第２空間の下流側に接続され、上記第２の液体が流れる。

【００４９】上記構成によれば、混合された第１および第２の液体を第１空間および第２空間に流すと、第１の液体と第２の液体とのうち、第１空間を相対的に流れやすい一方が第１空間を流れ、他方は第２空間を流れ、第１の液体と第２の液体とは互いに分離する。例えば、構造物に親水処理を施したり、適宜な官能基を配置することにより、第１の液体又は第２の液体のいずれか一方が第１空間を相対的に流れやすいようにすることができる。第２の液体は第１空間又は第２空間のいずれか一方を流れるので、排出口から第２の液体を回収することができる。

【００５０】したがって、微小領域内にある混合状態の第１の液体と第２の液体とから第２の液体を分離することができる。

【００５１】上記構成において、微小な構造物を適宜に構成することにより、第１の液体と第２の液体のいずれ

か一方が、分離流路の第１空間を相対的に流れやすくすることができる。例えば、微小な構造物は、多数の要素を含み、隣接する要素間の距離（隙間）が１０μｍ以下のものである。微小な構造物は、例えば、四方八方に微小孔が開いた多孔質物質であっても、繊維塊のようなものであってもよい。

【００５２】好ましくは、上記構造物は、上記第１空間側から上記第２空間側に向けて延在する柱状構造物である。

【００５３】上記構成によれば、第１の液体と第２の液体のうち、第１空間を相対的に流れにくい流体は、微小な構造物の延在方向に沿って、第２空間に向けて容易に移動することができる。したがって、液体の分離効率を高めることができる。

【００５４】より好ましくは、上記第１の液体と上記第２の液体のいずれか一方は、水を含む。上記構造物は、撥水処理される。

【００５５】上記構成によれば、水を含む第１又は第２の液体は、撥水処理された微小な構造物にはじかれて、第２空間側に移動するので、液体の分離効率を高めることができる。なお、３液以上の混合液であっても、１液のみが水と親和性を有する場合、その１液を他の液から分離することができる。

【００５６】また、本発明は、上記第１の技術的課題を解決するために、以下の構成の抽出装置用チップを提供する。

【００５７】抽出装置に用いるチップは、第１の液体中に含まれる物質を第２の液体に溶かして抽出する抽出装置に用いるタイプのものである。チップは、流路を備える。該流路は、上記第１の液体と上記第２の液体とを、それぞれ１又は２以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第１の液体の第１の層流中の上記物質を、上記第２の液体の第２の層流中に移動させることができる。

【００５８】上記構成において、第１の流体と第２の流体は、流路内に微小な幅で流すことにより、層流状態とすることができる。第１の層流や第２の層流が２以上の場合には、第１の層流と第２の層流とが交互に配置され互いに接するようにすることができる。

【００５９】一般に、液体中の物質は、自発的に拡散する。すなわち、媒質（液体）の分子は、媒質中の小物体（物質の粒子）に頻繁に衝突し、小物体は媒質中を不規則に運動する。このブラウン運動により、小物体は媒質中で拡散する。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり（すなわち、体積に比べて表面積が広くなり）、拡散速度が急激に大きくなる。そのため、第１の層流中の物質の粒子は、短時間で第２の層流に移動する。つまり、第２の液体に溶ける。この場合、物質の粒子が第２の層流から再び第１の層流に戻りにくいことが好ましく、例えば、物質は、第１の液体よりも第２の液体に溶けやすいことが好ましい。物質がダイオキシン類であるとき、第１の流体は水、第２の流体は有機溶媒とすることができる。また、効率よく拡散するためには、第１の層流と第２の層流との流速とが等しく、相対的な速度差が生じないようにすることが好ましい。

【００６０】上記構成によれば、流路における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微小領域内において、第１の液体中に含まれる物質を、効率良く第２の液体中に取り込むことができる。

【００６１】第２の液体だけを集めれば、第１の液体中に含まれていた物質を抽出することができる。

【００６２】好ましくは、上記流路において、上記層流の一つの幅が５０μｍ以下である。

【００６３】幅が５０μｍ以下であれば、レイノルズ数が小さくなり、流路内を層流状態で送液することが容易である。

【００６４】好ましくは、第１分岐流路と第２分岐流路とを備える。上記第１分岐流路は、上記流路の下流側に接続され、上記第１の層流が流れる。上記第２分岐流路は、上記流路の下流側に接続され、上記２の層流が流れる。

【００６５】上記構成によれば、層流状態のまま、液体ごとに流路を分岐することにより、容易に、第２の液体を第１の液体から分離することができる。

【００６６】より好ましくは、上記第１分岐流路又は上記２分岐流路のいずれか一方の入口近傍に帯電させる帯電部を備える。

【００６７】上記構成によれば、第１の液体又は第２の液体の一方が極性を有し、他方が無極性である場合には、極性を有する一方の液体が、帯電した第１分岐流路又は第２分岐流路に入るように促進し、より効率良く、液体を分離することができる。例えば、石油エーテル、四塩化炭素、ベンゼン、キシレン、ニトロベンゼン、ヨウ素などの無極性分子と、極性を有する水とを分離できる。なお、３液以上の混合液であっても、１液のみが極性を有する場合、又は１液のみが無極性である場合には、その１液を他の液から分離することができる。

【００６８】また、本発明は、上記第２の技術的課題を解決するために、以下の構成の分離装置用チップを提供する。

【００６９】分離装置用チップは、混合された第１の液体と第２の液体とから、第２の液体を分離する分離装置に用いるタイプのものである。チップは、第１空間と、第２空間と、排出口とを備える。上記第１空間は、微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第１の液体又は上記第２の液体が相対的に流れやすい。上記第２空間は、上記第１空間に沿って延在し、かつ上記第１空間に連通する。上記排出口は、上記第２の液体が流れるいずれか一方の上記第１空間又は上記第２空間の下流側に接続され、上記第２の液体が流れる。

【００７０】上記構成によれば、混合された第１および第２の液体を流路に流すと、第１の液体と第２の液体とのうち、第１空間を相対的に流れやすい一方が第１空間を流れ、他方は第２空間を流れるようになる。例えば、構造物に親水処理を施したり、適宜な官能基を配置することにより、第１の液体又は第２の液体のいずれか一方が第１空間を相対的に流れやすいようにすることができる。第１の液体と第２の液体とは互いに分離し、第２の液体は第１空間又は第２空間のいずれか一方を流れるので、下流において、第２の液体を回収することができる。

【００７１】したがって、微小領域内にある混合状態の第１の液体と第２の液体とから第２の液体を分離することができる。

【００７２】微小な構造物を適宜に構成すれば、第１の液体と第２の液体のいずれか一方が相対的に第１空間を流れやすくすることができる。例えば、微小な構造物は、多数の要素を含み、隣接する要素間の距離（隙間）が１０μｍ以下のものである。微小な構造物は、例えば、四方八方に微小孔が開いた多孔質物質であっても、繊維塊のようなものであってもよい。

【００７３】好ましくは、上記構造物は、上記第１空間側から上記第２空間側に向けて延在する柱状構造物である。

【００７４】上記構成によれば、第１の液体と第２の液体のうち、第１空間を相対的に流れにくい流体は、微小な構造物の延在方向に沿って、第２空間に向けて容易に移動することができる。したがって、液体の分離効率を高めることができる。

【００７５】より好ましくは、上記第１の液体と上記第２の液体のいずれか一方は、水を含む。上記構造物は、撥水処理される。

【００７６】上記構成によれば、水を含む第１又は第２の液体は、撥水処理された微小な構造物にはじかれて、第２空間側に移動するので、液体の分離効率を高めることができる。なお、３液以上の混合液であっても、１液のみが水と親和性を有する場合、その１液を他の液から分離することができる。

【００７７】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施形態について、図１～図１０に基づいて説明する。

【００７８】まず、本発明の第１実施形態について、図１～図６、図１０に基づいて説明する。

【００７９】図１は、微小領域での水と溶媒の流れを模式的に示す。仕切りのない一つの中央流路１０の両端には、仕切り壁１２，１４で複数の流路１３ａ～１３ｇ，１５ａ～１５ｇに分割された分割流路１０ａ，１０ｂが対向して形成されている。一方の分割流路１０ａには溶媒と水が交互に流れる。例えば、流路１３ａ，１３ｃ，１３ｅ，１３ｇには溶媒が流れ、流路１３ｂ，１３ｄ，１３ｆには水が流れる。各流路１３ａ～１３ｇの幅は例えば２０μｍであり、このような微小領域ではレイノルズ数が小さくなるので、分割流路１０ａから流出した水と溶媒は、中央流路１０においてそれぞれ層流１１ａ，１１ｂとなり、隣接しても混ざり合わずに流れ、水と溶媒の間には界面１１ｃが形成される。各層流１１ａ，１１ｂは、それぞれ他方の分割流路１０ｂの各流路１５ａ～１５ｇに流れ込む。すなわち、流路１５ａ，１５ｃ，１５ｅ，１５ｇには溶媒が流入し、流路１５ｂ，１５ｄ，１５ｆには水が流れ込む。

【００８０】図2は、液体中のダイオキシン類などの粒子１６ａ，１６ｂの動きを模式的に示す。分割流路１０ａにおいて、粒子１６ａは、流路１３ｂ，１３ｄ，１３ｆを流れる水中にのみ含まれ、流路１３ａ，１３ｃ，１３ｅ，１３ｇを流れる溶媒中には含まれていない。中央流路１０に流出した直後には、粒子１６ａは水層１１ａに含まれている。粒子１６ａは、液体中でブラウン運動により自発的に拡散する。このとき、矢印１７で示すように、界面１０ｃを越え、水層１０ａから溶媒層１０ｂに移動した粒子１６ｂは、溶解度の違いなどにより、水層１０ａ側に戻ることは殆どない。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり、拡散速度が急激に大きくなるので、水層１１ａ中の粒子１６ａは、短時間で溶媒層１１ｂに移動する。したがって、分割流路１１ｂを利用して溶媒層１１ｂだけを集めれば、粒子１６ｂを取り出すことができる。

【００８１】図3は、流路幅（チャンネル幅）と比界面積Ｓ／Ｖ、拡散速度ｔのグラフの一例である。流路幅が５０μｍより小さくなると急激に拡散時間Ｓが小さくなり、拡散速度が速くなる。したがって、流路幅を５０μｍ以下、好ましくは２０μｍ以下にすると、混合・抽出時間を大幅に短縮することができる。例えば、試薬を速やかに（１秒以内）で混ぜることが求められる血液凝固検査でも使うことができる。

【００８２】図４～図６は、本発明をダイオキシン測定の前処理用アセンブリ５０に適用した実施例を示す。

【００８３】図４に示すように、濃縮されたダイオキシン溶液と有機溶媒を層状に流すために、立体的に交差する流路２０，３０を形成する。

【００８４】上部に配置された流路２０には、矢印２８で示す方向に、有機溶媒が流れる。流路２０は、一つの主流路２１が下流側で３つの枝流路２２に分かれ、各枝流路２２の端部２３側の底面から下向きに筒状の下向流路２４が形成されている。

【００８５】下部に配置された流路３０の上流側流路３１には、矢印３８で示す方向に、濃縮されたダイオキシン溶液が流れる。流路３０の途中には、分割流路３２が形成され、交互に形成された流路３４，３５を、有機溶媒とダイオキシン溶液とが交互に流れるようになっている。すなわち、間隔を設けて複数対の仕切壁３３ａが配

置されている。各対の仕切壁３３ａは、流路方向に延在し、厚さが数μｍ程度である。各対の仕切壁３３ａは、上流側が接続壁３３ｂにより結合されている。対になった仕切壁３３ａの間の流路３４には、下向流路２４から有機溶媒が流れ、仕切壁３３ａの隣接する対の間の流路３５には、上流側流路３１から濃縮されたダイオキシン溶液が流れるようになっている。

【００８６】分割流路３２の下流側には、一つの層流混合流路３６が形成され、ダイオキシン溶液と有機溶媒とが層流状態で流れ、ダイオキシンが有機溶媒層に溶け込むようになっている。層流混合流路３６の幅は約２００μｍ、高さ（図において上下方向）は約１００μｍである。

【００８７】層流混合流路３６の下流側には、分割流路３２とは逆向きに分割流路４０が形成され、交互に形成された流路４４，４５を、水と有機溶媒とが交互に流れるようになっている。

【００８８】すなわち、間隔を設けて複数対の仕切壁４１ａが配置されている。各対の仕切壁４１ａは、流路方向に延在し、下流側が接続壁４１ｂにより結合されている。対になった仕切壁４１ａの間の流路４４には、ダイオキシンを含む有機溶媒が流れ込み、仕切壁４１ａの隣接する対の間の流路４５には、ダイオキシンが除去された水が流れるようになっている。

【００８９】対になった仕切壁４１ａの下流側には排出流路４２が形成され、矢印４３で示すように、ダイオキシンを含む有機溶媒が下方に吸引され、次工程で処理される。

【００９０】一方、ダイオキシンが除去された水は、分割流路４０を通過後、流路４６を流れ、矢印４８で示すように、流路の端部４７から上方に吸引される。

【００９１】流路２０，３０は、図５に示した複数のチップ５１～６０を積層することにより、前処理アセンブリ５０内に形成される。

【００９２】各チップ５１～６０は、例えば、シリコンやガラスなどをＩＣＰ（高周波誘導結合型プラズマ、Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ）などによりドライエッチングすることにより、高精度に作成することができる。シリコン同士の接合は直接接合、シリコンとガラスの接合は陽極接合を用いるが、エポキシ系の接着剤で接着してもよい。また、シリコンやニッケル電鋳によりチップの型を作り、ＰＭＭＡ（ポリメタクリル酸メチル）やＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）などの樹脂をモールドすることにより、安価に多数のチップを作成することも可能である。この場合、有機溶媒と反応しないように樹脂をコーティングする必要がある。また、シリコン、ガラスのエッチングは、ドライエッチングだけでなく、ウエットエッチングを用いてもよい。

【００９３】第１層のチップ５１には、ダイオキシン類を含んだ排ガス試料を供給するための入口５１ａと、水を供給するための入口５１ｂと、有機溶媒を供給するための入口５１ｃおよびその流路２０と、貫通孔５１ｆと、不要になった水が排出される排出口５１ｄと、精製されたダイオキシンが排出される排出口５１ｅとが形成されている。

【００９４】第２層のチップ５２には、入口５１ａ，５１ｂから供給された排ガス試料および水が流れ合流する流路５２ｓ，５２ｔが形成され、ダイオキシンを採集・濃縮するための多孔質ガラス５２ｆが配置され、採集・濃縮されたダイオキシン溶液が流れる流路３０とが形成されている。

【００９５】第３層～第１０層のチップ５３～６０には、ダイオキシンを多層シリカクロマトグラフにより精製するため、日本工業規格（ＪＩＳ）に準拠し、適宜な試薬が配置される。すなわち、第３層５３には硫酸ナトリウム５３ｇが、第４層５４には１０重量％の硝酸銀５４ｇが、第５層５５にはシリカゲル５５ｇが、第６層５６には２２重量％の硫酸シリカゲル５６ｇが、第７層５７には４４重量％の硫酸シリカゲル５７ｇが、第８層５８にはシリカゲル５８ｇが、第９層５９には２重量％の水酸化カリウムシリカゲル５９ｇが、第１０層６０にはシリカゲル６０ｇが、それぞれ収納されている。

【００９６】図６および図１０に示すように、円筒ろ紙通過後の排ガス試料と水は、前処理アセンブリ５０の入口５１ａ，５１ｂに供給され、流路５２ｓ、５２ｔを通って混合される（＃１）。なお、水の代わりに溶媒を用いるソックスレー抽出により、円筒ろ紙を砕き、ダイオキシンを集めるようにしてもよい（＃８）。

【００９７】ダイオキシンと水の混合液は、多孔質ガラス５２ｆを通り、ダイオキシンが採集・濃縮される（＃２）。すなわち、多孔質ガラス５２ｆからは、水蒸気、二酸化炭素、二酸化窒素が、チップ５１の貫通孔５１ｆを通って排出される。

【００９８】濃縮されたダイオキシン類を含んだ水は、流路３０を流れる。有機溶媒は、入口５１ｃから供給され、流路２０を流れる。有機溶媒は、ヘキサン、トルエン、アセトン、ジクロロメタン、ＨＣＬを適宜割合で含む。ダイオキシン類を含んだ水と有機溶媒は、分割流路３２を経て層流混合部３６で出会い、前述したように、ダイオキシン類が有機溶媒内に取り込まれ（図１０の＃３）、分割流路４０で水と有機溶媒に分離される（図１０の＃４）。

【００９９】不要となった水は、上部の排出口５１ｄから排出される。

【０１００】有機溶媒は、下部に流れ、試薬５３ｇ～６０ｇが収納されたチップ５３～６０を順に通ることで、多少混入した水を除去するなどして、ダイオキシンが精製される（図１０の＃５）。精製されたダイオキシンは、上部の出口５１ｅから排出され、ＧＣ／ＭＳ（ガス

クロマトグラフィ／質量分析器）にかけて測定される。

【０１０１】次に、本発明の第２実施形態について、図７、図８、図１０を参照しながら説明する。

【０１０２】第２実施形態では、図１０において符号９０で示したように層流を用いて混合した後分離する（＃３および＃４）代わりに、符号９２で示したように乱流を起こして混合した後分離する（＃６および＃７）。

【０１０３】本発明を適用した前処理アセンブリ７０は、図5に示したチップ５１および５２の代わりに、図７に示したチップ７１，７２，７３を用いる。チップ７１，７２，７３は、チップ５１および５２と同様の方法で加工することができる。

【０１０４】第１層のチップ７１には、第１実施形態のチップ５１と同様に、排ガス試料を供給するための入口７１ａと、水を供給するための入口７１ｂと、有機溶媒を供給するための入口７１ｃと、貫通孔７１ｆと、不要になった水が排出される排出口７１ｄとが形成されている。

【０１０５】第３層のチップ７３には、第１実施形態のチップ５２と同様に、排ガス試料および水が流れ合流する流路７３ｓ，７３ｔが形成せれ、ダイオキシンを採集・濃縮するための多孔質ガラス７３ｆが設けられている。

【０１０６】第１実施形態と異なり、第１～３層のチップ７１～７３の間には、ダイオキシン類を含んだ水と有機溶媒とを、乱流を利用して混合するための混合空間７４が形成されている。また、第１層のチップ７１の上面には、混合空間７４に対向する領域にＰＺＴ層７１ｅが形成されている。ＰＺＴ層７１ｅは、例えば４つの部分に分割されており、各部分に適宜な順序で適宜波形の電圧を印加することにより超音波を発生し、混合空間７４内で渦を発生させ、ダイオキシン類を含んだ水と有機溶媒とを撹拌・混合することができるようになっている。

【０１０７】混合された水と有機溶媒は、混合空間７４から、第３層のチップ７３に形成された流路７５を通って、水と有機溶媒とに分離される。

【０１０８】図８に示すように、流路７５の下部（すなわち、第１空間）には、マイクロストラクチャー７６が形成されている。マイクロストラクチャー７６は、直径数μｍ～数十μｍの円柱であり、流路７５の底部７５ａから流路７５の高さ方向に途中まで延在し、流路７５の上部（すなわち、第２空間）には、何も障害物がない。マイクロストラクチャー７６は円柱でなくてもよく、例えば角柱でも円錐でもよい。マイクロストラクチャー７６間の距離（隙間）は、例えば１０μｍ以下とする。

【０１０９】マイクロストラクチャー７６は、その表面が撥水処理されている。ＩＣＰ装置を用いてマイクロストラクチャー７６を形成する場合には、加工プロセスにC_4F_8ガスを用いるので、特別な追加処理なしに、撥水処理される。フッ素系高分子を共析メッキ等で付けることにより、撥水処理してもよい。

【０１１０】マイクロストラクチャー７６内に入った混合液の水は、マイクロストラクチャー７６の撥水処理により流路７５の上部に移動する。一方、有機溶媒は、そのまま流路７５の下部を流れる。また、比重の違いも手伝い、水と有機溶媒は、流路７５の上部と下部とに分離する。比重の違いに応じて、マイクロストラクチャー７６を、流路７５の上部に形成してもよい。

【０１１１】そして、その後不要な水分は、流路７５の下流側端部７５ｂから、矢印７７で示すように上部へ吸引される。一方、有機溶媒は、下流側端部７５ｂの底面に形成された排出口７５ｃから、矢印７８で示すように下部へ吸引され、図示しない精製処理部（例えば、チップ５３～６０と同様に構成される）へと流れていく。

【０１１２】以上説明したように、微量領域内における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微量なサンプル量で効率良く抽出することができる。また、微小領域内にある混合状態の第１の液体と第２の液体とから第２の液体を分離することができる。

【０１１３】したがって、大きさ数センチ角のマイクロチップ内で処理ができるため、携帯性に優れ、どこでもすぐに処理ができ、検査の即時性が向上する。また、反応時間が速く、処理時間の短縮により、コストの大幅な削減が図れる。さらに、抽出に使用する有機溶媒の量が従来の方法に比べ大幅に少ないため、環境にもやさしい。チップは半導体プロセスを利用するなどして大量生産できるので、単価が非常にやすい。チップ単価がやすいため、使い捨てにできる。使い捨てにすれば、複数回使用する場合に起こる廃液による汚染の問題や、洗浄の手間がない。

【０１１４】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の態様で実施可能である。

【０１１５】例えば図９に示すように、分割流路１０ｂの仕切壁８０を正、負に帯電させることで、水と有機溶媒とを分離するようにしてもよい。仕切壁８０は、その本体部８２を絶縁物で形成し、各本体部８２の流路１５ａ～１５ｇに対向する側面に電極８３ａ，８３ｂを設け、最外層８４を絶縁物で覆う。例えば、電極８３ａ，８３ｂの表面に絶縁膜としてSiO_2などを成膜しておく。電極８３ａ，８３ｂは、電源８５と接続して、正又は負に帯電させる。このとき、図示したように、流路１５ａ～１５ｇを介して対向する電極８３ａ，８３ｂ同士が同電位となり、流路１５ａ～１５ｇが交互に正、負に帯電するようにする。

【０１１６】水は極性分子であり、正に帯電しているので、正に帯電した領域には入らない。電荷の影響を受けやすくするために、流路１５ａ～１５ｇのそれぞれ幅の幅は、５０μｍ以下がよい。好ましくは、１０μｍ以下がよい。

【０１１７】また、本発明は、ダイオキシンの測定の前

処理に限らず、広く適用可能である。本発明を適用すれば、例えば水に溶解又は浮遊している有機物を抽出する場合に、微量の試料溶液および抽出溶媒を混合したり、有機物を含む抽出溶媒を選択的に抽出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　微小領域の流れを示す模式図である。

【図２】　微小領域での粒子の移動を示す模式図である。

【図３】　流路幅と比界面積および拡散速度との関係を示す図である。

【図４】　本発明の第１実施形態に係る前処理アセンブリの要部透視図である。

【図５】　前処理アセンブリの分解斜視図である。

【図６】　前処理アセンブリの上面図である。

【図７】　本発明の第２実施形態に係る前処理アセンブリの要部分解斜視図である。

【図８】　前処理アセンブリの要部拡大斜視図である。

【図９】　変形例の分割流路の構成図である。

【図１０】　ダイオキシン測定における前処理工程の流れ図である。

【符号の説明】

１０ｂ　分割流路（分離部）

１１ａ　層流（第１の層流）

１１ｂ　層流（第２の層流）

１５ａ，１５ｃ，１５ｅ，１５ｇ　流路（第２分岐流路）

１５ｂ，１５ｄ，１５ｆ　流路（第１分岐流路）

３６　層流混合流路（小な流路）

４０　分割流路（分離部）

４４　流路（第２分岐流路）

４５　流路（第１分岐流路）

５０　前処理アセンブリ（抽出装置）

５２　チップ（抽出装置用チップ）

７０　前処理アセンブリ（分離装置）

７３　チップ（分離装置用チップ）

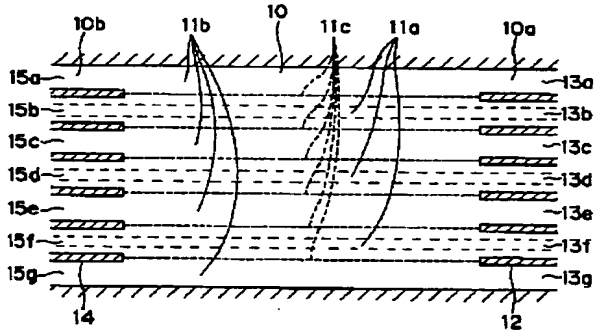
７５　流路

７５ｃ　排出口

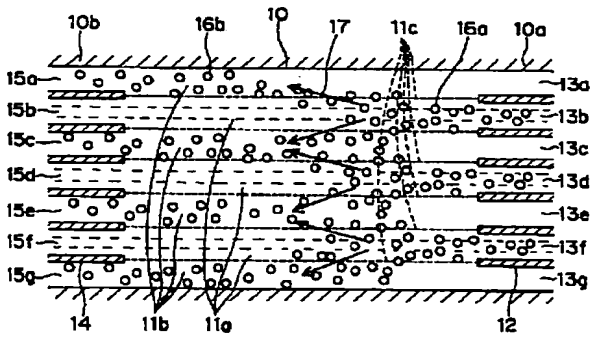
７６　マイクロストラクチャー（微小な構造物）

８３ａ，８３ｂ　電極（帯電部）

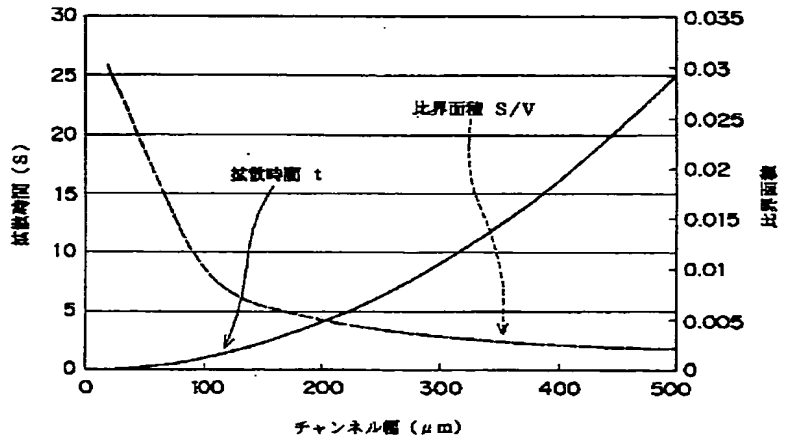
【図１】



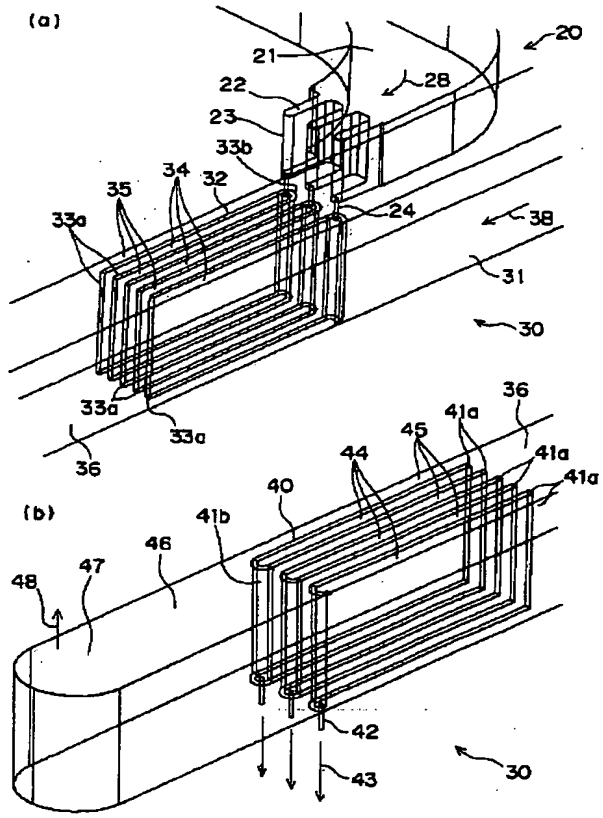
【図２】



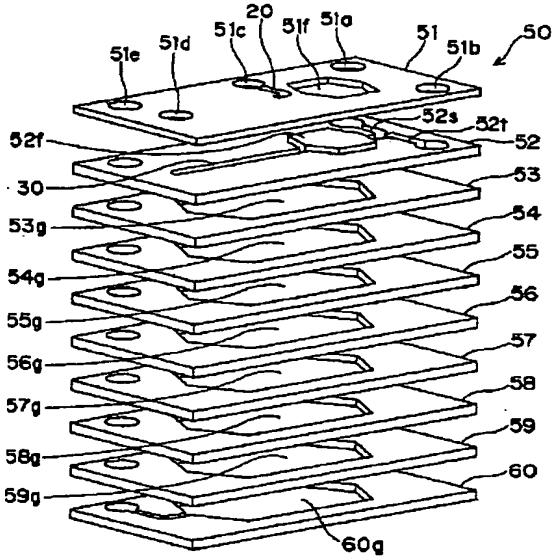
【図３】



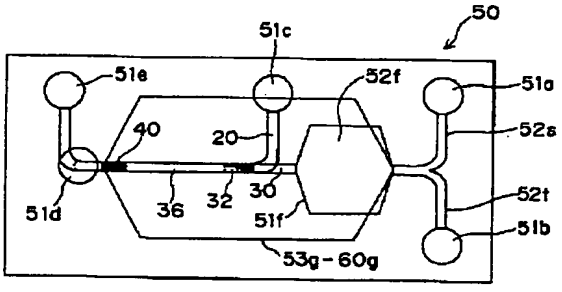
【図4】


(a)
20
21
22
28
23
33b
34
32
35
24
38
33a
31
30
33a
36
36
41a
45
44
41a
41a
40
(b)
41b
46
47
48
42
43
30

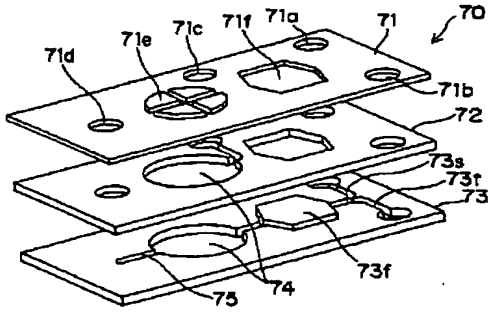
【図5】


20
51c
51f
51a
51
50
51e
51d
51b
52s
52t
52f
52
30
53
53g
54
54g
55
55g
56
56g
57
57g
58
58g
59
59g
60
60g

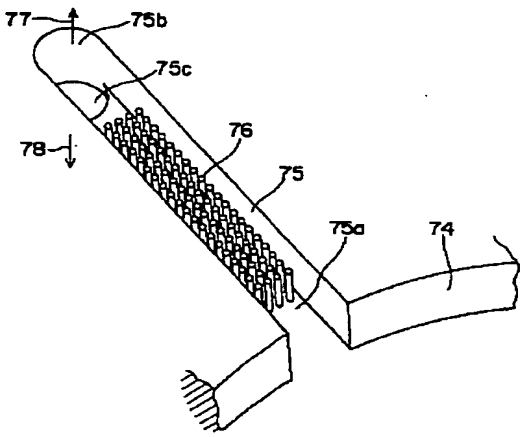
【図6】


50
51c
51e
52f
51a
52s
40
20
52t
51d
36
32
30
51f
51b
53g-60g

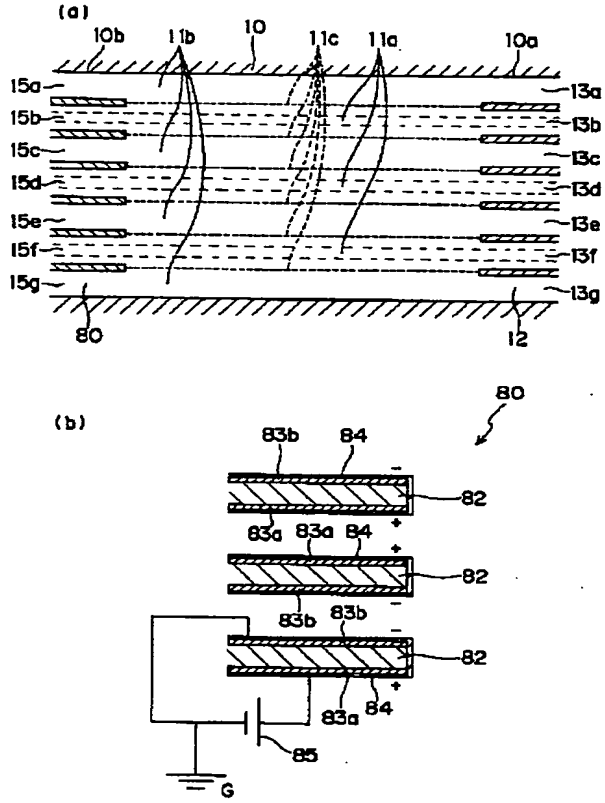
【図7】


70
71
71a
71f
71c
71e
71d
71b
72
73s
73t
73
73f
74
75

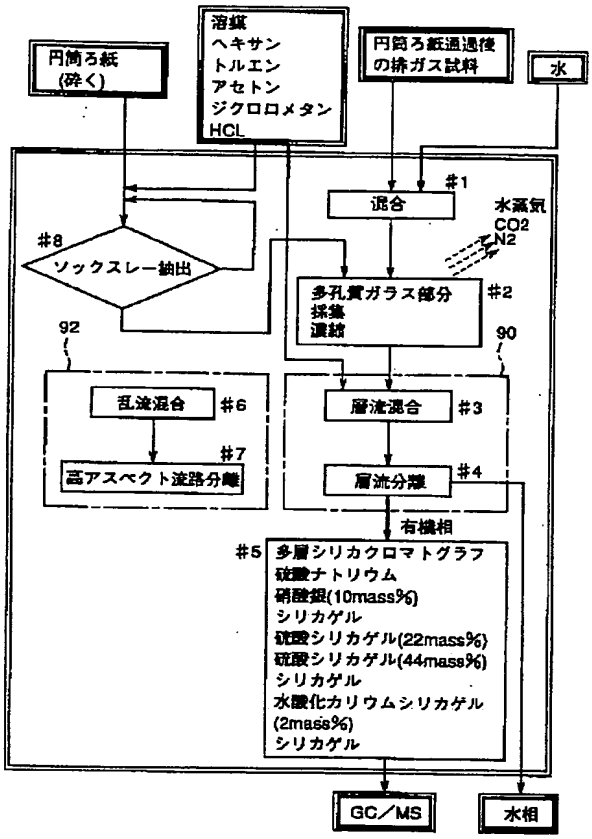
【図8】


77
75b
75c
76
78
75
75a
74

【図9】


(a)
10b
11b
10
11c
11a
10a
15a
15b
15c
15d
15e
15f
15g
13a
13b
13c
13d
13e
13f
13g
80
12
(b)
80
83b
84
82
83a
83a
84
82
83b
83b
82
83a
84
85
G

【図１０】



フロントページの続き

(72)発明者　速水　俊一
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内
(72)発明者　山元　廣治
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内

Ｆターム(参考)　2G042 AA01 BD20 CB03 EA03 HA10
2G052 AB00 AD06 AD26 AD46 ED00
ED11 FD09
4D056 AB18 AC03 AC04 AC07 AC21
BA12 CA07 CA23 CA34 CA36
CA37 CA39 CA40

This Page Blank (uspto)